e-ISSN (Online): 2790-3230

Caractérisation écologique et structurale des parcs à tamarinier (*Tamarindus indica* L., Fabaceae) dans la zone soudanienne du Togo (Afrique de l'Ouest)

Ecological and structural characterization of tamarind tree (*Tamarindus indica* L., Fabaceae) parklands in the Sudanian zone of Togo (West Africa)

Samarou Moussa[1,2*], Atakpama Wouyo[1], Folega Fousséni[1], Dourma Marra[1], Wala Kperkouma [1], Batawila Komlan[1], Akpagana Koffi[1]

Résumé

Le tamarinier (*Tamarindus indica* L.) est un fruitier spontané aux usages multiples. Bien que reconnu comme très utilitaire en Afrique subsaharienne, au Togo, l'on ne dispose pas de caractéristiques écologiques et démographiques susceptibles de permettre une meilleure gestion de cette ressource. La présente étude dans la zone soudanienne du Togo, s'inscrit dans le cadre de la gestion durable des habitats à *T. indica* au Togo. Plus spécifiquement, elle vise à : (i) évaluer la diversité spécifique et (ii) caractériser la structure démographique des parcs agroforestiers à *T. indica* dans la zone soudanienne du Togo. L'analyse s'est basée sur des inventaires forestiers et floristiques orientés par la présence de *T. indica* au sein de 149 relevés de 2500 m². Les résultats révèlent une diversité de 38 espèces ligneuses réparties en 37 genres et 21 familles. Six (6) groupements de parcs ont été discriminés : les jachères à *T. indica* et *Diospyros mespiliformis* Hochst., les champs à *T. indica* et *Anogeissus leiocarpus* (DC.), les bosquets sacrés à *T. indica* et *Sterculia setigera* Delile, les champs à *T. indica* et *Azadirachta indica* A. Juss, les champs à *T. indica* et *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn et les vieux champs à dominance *T. indica*. La densité des pieds adultes de *T. indica* est comprise entre 8,55 et 12,30 tiges/ha. Les structures horizontale et verticale sont en cloche dissymétrique gauche avec une relative représentativité des individus de faibles diamètres et hauteurs. La régénération naturelle est faible avec le taux compris entre 23,08 % et 42,14 %. Il est par conséquent important de mettre en œuvre un programme de régénération assisté en vue d'améliorer la capacité de régénération de cette espèce. Pour ce faire, des études de complétude sur les exigences pédoclimatiques du développement de l'espèce s'avèrent nécessaires.

Mots clés : Tamarinier, agroforesterie, structure démographique, Togo.

Abstract

The tamarind tree (*Tamarindus indica* L.) is a multipurpose and spontaneous fruit tree. Although it is recognized as very useful in sub-Saharan Africa, in Togo, there is a lack of ecological and demographic characteristics that would allow better management of this resource. The present study in the Sudanian zone of Togo is part of the sustainable management of T. indica habitats in Togo. More specifically, it aims to: (i) assess the specific diversity and (ii) characterize the demographic structure of *T. indica* stands. Analysis was based on forestry and floristic inventories oriented by the presence of *T. indica* within 149 plots sized 2500 m². Results revealed a diversity of 38 woody species divided into 37 genera and 21 families. Six (6) groups of parklands were discriminated: fallows of *T. indica* and *Diospyros mespiliformis* Hochst., fields of *T. indica* and *Anogeissus leiocarpus* (DC.), groves of *T. indica* and *Sterculia setigera* Delile, fields of *T. indica* and *Azadirachta indica* A. Juss, fields of *T. indica* and *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn, and old fields dominated by *T. indica*. In these groups, the density of adult *T. indica* plants ranges from 8.55 to 12.30 stems/ha. The horizontal and the vertical structures are asymmetrical left bell-shaped with a relative representativeness of individuals of small diameter and height. The distribution of *T. indica* plants is random, showing natural regeneration with low rates ranging from 23.08% to 42.14%. It is therefore important to implement an assisted regeneration program to improve the regeneration capacity of this species. Therefore, a better knowledge of the pedoclimatic requirements of the development of the species is necessary.

Keywords: Tamarind tree, agroforestry, demographic structure, Togo.

[1] Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale, Département de Botanique, Faculté des Sciences (FDS), Université de Lomé (UL), 1 BP 1515 Lomé 1, Togo
[2] Département de foresterie, Institut National de Formation Agricole (INFA) de Tové, BP 401 Kpalimé, Togo
[*] Auteur correspondant : mosamarou@yahoo.fr / msamarou76@gmail.com

1. Introduction

Le tamarinier (*Tamarindus indica*) est un fruitier aux usages multiples reconnu de par le monde et qui fait l'objet d'un commerce international très florissant (Fandohan *et al.*, 2010a ; Bourou *et al.*, 2012 ; Garba *et al.*, 2020). L'Inde, la Thaïlande et le Mexique sont les plus grands exportateurs mondiaux, suivi des producteurs secondaires comme le Costa Rica, le Porto Rico et certains pays africains (Bourou *et al.*, 2012 ; Ludo *et al.*, 2013).
L'importance socio-économique de *T. indica* justifie les innombrables études qui lui sont dédiées dans la sous-région (Fandohan *et al.*, 2009 ; Bourou, 2012 ; Garba, A *et al.*, 2019). La collecte et la commercialisation de ses fruits constituent une importante source de revenus pour les populations locales surtout les femmes (Fandohan *et al.*, 2010a). Selon Samarou et al (2022), bien que la récolte de tamarin soit une activité saisonnière, les revenus générés contribuent entre 22 % et 55 % des revenus totaux des commerçants et permettent d'améliorer leur condition de vie. Les études ethnobotaniques ont prouvé que toutes les parties de cette espèce, des feuilles jusqu'aux racines sont utilisées par les populations (Fandohan *et al.*, 2010a ; Garba, ARI *et al.*, 2019 ; Samarou *et al.*, 2021). Selon, Fandohan *et al.* (2017), les populations naturelles de *T. indica* sont menacées non seulement par la pression anthropique, mais aussi par certains phénomènes dont les changements climatiques et la dégradation des sols.
Le tamarinier se retrouve au sein des parcs agroforestiers d'Asie du Sud-Est et d'Afrique tropicale (Muok & Alem, 2011 ; Rasolonirina, 2017 ; Garba *et al.*, 2020). Au Togo, *T. indica* est présente particulièrement dans la zone soudanienne (MERF/FAO, 2018 ; Atato *et al*., 2021). Sa fréquence de contact est assez faible dans le reste du pays (Atato *et al.*, 2021). Une étude récente au Togo démontre la vulnérabilité élevée de l'espèce face à la pression d'usages quotidiens et de commercialisation des différents organes (Samarou *et al.*, 2021). Cependant, l'on ne dispose pas suffisamment de données sur l'état des populations notamment la structure démographique et la régénération pouvant orienter la mise en œuvre d'un programme de gestion adapté à cette espèce. Ces informations constituent la base nécessaire pour la protection et le suivi de la dynamique des espèces utilitaires (Aleza *et al.*, 2015).
La présente étude se base sur l'hypothèse selon laquelle les parcs agroforestiers à tamarinier de la zone soudanienne du Togo sont vieillissants. Cet état de population est lié aux faibles taux de régénération induits par la collecte des fruits destinés à la consommation et à la vente (Samarou *et al.*, 2021 ; Samarou *et al.*, 2022). La principale question à laquelle elle tente de répondre est la suivante. Quel est l'impact des modes de gestion sur la diversité floristique, la structure démographique et la régénération des parcs agroforestiers à tamarinier dans la zone soudanienne du Togo ? Cette étude est une contribution à la gestion durable du tamarinier au Togo. Elle vise spécifiquement à : (i) évaluer la diversité spécifique et (ii) caractériser la structure démographique des parcs agroforestiers à *T. indica* dans la zone soudanienne du Togo.

2. Matériel et Méthodes

Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans la zone des plaines du Nord correspondant à la zone écologique I située entre 0°06'-1°05'E et 8°55' - 11°06'N (Figure 1). Elle est limitée au Nord par le Burkina Faso, à l'Est par le Bénin, au Sud par la Zone écologie II et à l'Ouest par le Ghana. D'une superficie de 8553 km² soit 15 % du territoire national, la zone écologique I s'étend sur une partie de la Région de la Kara et sur toute la Région des Savanes. Sur le plan phytogéographique, elle est située dans le centre régional d'endémisme soudanien (White, 1986). Le relief est essentiellement caractérisé par les plateaux de Bombouaka et de Dapaong, la plaine de l'Oti au sud et la pénéplaine précambrienne à l'extrême nord (Affaton, 1990). Le climat est de type tropical soudanien caractérisé par une longue saison sèche marquée par l'harmattan qui s'étend d'octobre à mai. Les précipitations varient entre 800 et 1300 mm/an et les températures oscillent entre 15°C et 39°C en saison sèche puis entre 22°C et 34°C en saison des pluies.

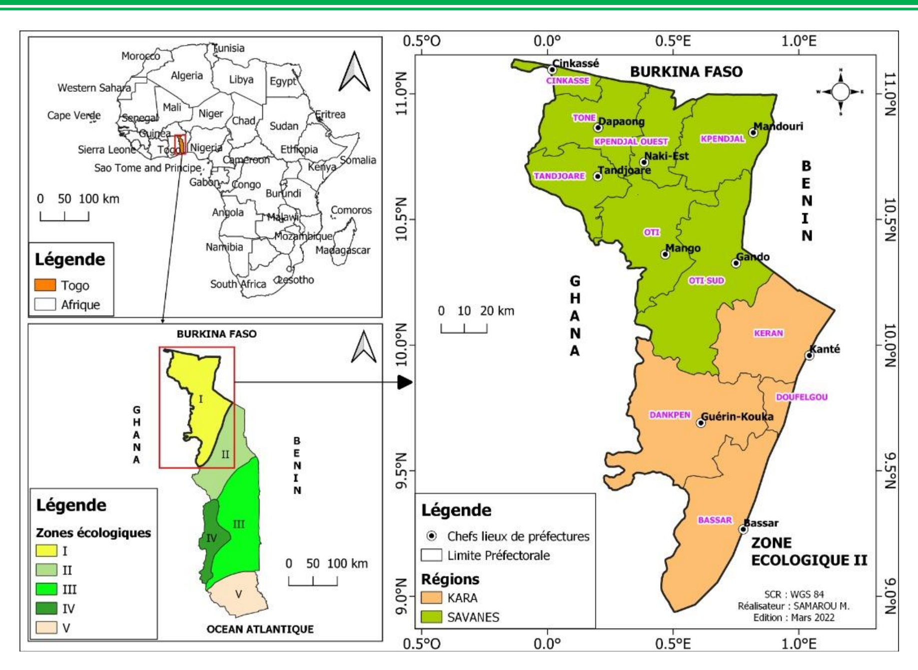


Figure 1 : Localisation de la zone écologique I au Togo.

Les formations anthropogènes, notamment les parcs agroforestiers sont les plus dominants. On distingue des parcs à rônier, à karité, à baobab, à néré (Kebenzikato *et al.*, 2014 ; Padakale *et al.*, 2015 ; Folega *et al.*, 2019 ; Atakpama *et al.*, 2022a). Le complexe Oti-Kéran-Mandouri est la principale et grande aire protégée. Ce complexe couvre une grande partie du bassin de l'Oti, riche en zones humides. Cette aire protégée, site RAMSAR et refuge de la biodiversité est fortement menacée suite aux troubles socio-économiques ayant entrainé l'invasion de cette aire protégée (Polo-Akpisso *et al.*, 2020). On distingue aussi de nombreuses petites aires protégées dont Barkoissi, Galangashie, Fosse de Doung, Fosse aux lions également sous forte emprise humaine. En plus de ces aires protégées, on distingue également des bosquets et forêts sacrées qui constituent des refuges de la biodiversité (Atakpama *et al.*, 2021).
La population de la zone écologique I du Togo était d'environ 994 439 habitants en 2010 selon l'extrapolation des données de DGSCN (2011). Une proportion de 83,28 % (828 224 habitants) vit dans la région des Savanes et le reste (166 215 habitants) se retrouve dans la région de la Kara. Les groupes socioculturels les plus représentés de la zone d'étude sont : Gam-gam, Tamberma, Yanga, Tchokossi, Lamba, Moba, Peulhs, Gourmantche, Natchaba, Kabyè, Konkomba, Bassar (Padakale, 2015; Samarou *et al.*, 2021). Sur le plan socio-économique, diverses activités relevant essentiellement du secteur agricole sont pratiquées : l'agriculture, l'élevage et les produits de cueillette des fruitiers spontanés (Atato *et al.*, 2020).

Collecte de données
Échantillonnage

L'aire d'échantillonnage a été prédéfinie sur la base des connaissances relatives à la disponibilité de *T. indica* (Samarou *et al.*, 2021), les données du premier inventaire forestier national du Togo (MERF/GIZ, 2016), les travaux de recherches dans la zone (Padakale *et al.*, 2015 ; Atakpama *et al.*, 2021 ; Atakpama *et al.*, 2022a ; Folega *et al.*, 2022) et les missions de récolte de semences forestières (DRF/CNSF, 2019). Cette phase a également pris en compte les occurrences de l'espèce obtenue de la base de données de GBIF (www.gbif.org). À l'aide du contour de la zone écologique I et du logiciel QGIS 3.10, vingt (20) quadrats de 5 km x 5 km ont été choisis de façon aléatoire au sein des parcs agroforestiers à tamarinier déterminés sur la base des données de distribution de l'espèce. Au niveau de chaque quadrats, deux (2) transects perpendiculaires de direction nord-sud et est-ouest se croisant au milieu ont été définis. Le long de chaque transect, des placettes d'inventaire de 50 m x 50 m (Kebenzikato *et al.*, 2014 ; Padakale *et al.*, 2015 ; Atakpama *et al.*, 2022a) dont le choix est guidé par la présence de *T. indica* ont été installées. L'équidistance

minimale entre les placettes est de 200 m. Au total 149 relevés ont été réalisés. L'orientation le long du transect et l'enregistrement des coordonnées des placettes ont été réalisés à l'aide de l'application mobile MAPS.ME (Atakpama *et al.*, 2022a).

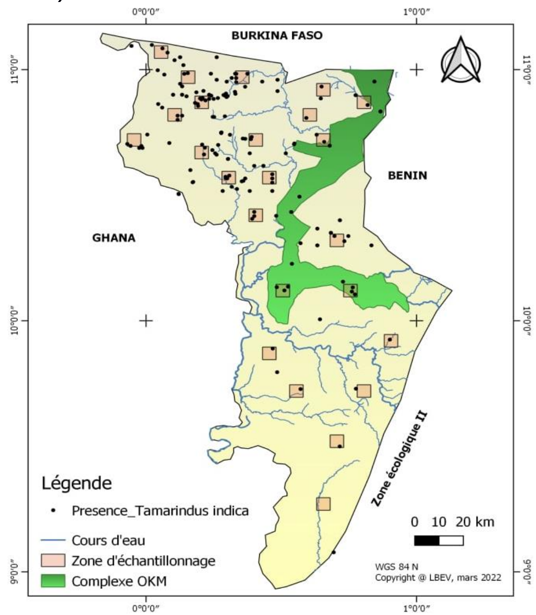


Figure 2 : Localisation des quadrats

Inventaires floristique, forestier et régénération

L'inventaire forestier a consisté à relever dans les placettes de 2500 m², les paramètres dendrométriques tels que la hauteur totale et le diamètre de toutes les espèces ligneuses dont le diamètre à 1,30 m est supérieur ou égal à 5 cm. Le diamètre des arbres et arbustes est mesuré au moyen d'un ruban pi et la hauteur totale et la hauteur du fût sont déterminées à l'aide d'un clinomètre Sunnto. Dans les mêmes placettes, spécifiquement pour *T. indica*, le nombre des rejets ou tiges ayant un diamètre inférieur à 5 cm a été compté pour l'évaluation de la régénération. Les données relatives aux facteurs stationnels comme les coordonnées du milieu de la placette, le type d'occupation du sol ainsi que la situation par rapport aux habitations ont été également notés. La situation des relevés rapport aux habitations est définie suivant une échelle à trois grandeurs : proche des habitations (0-500 m), plus ou moins proche (500-1000 m) et éloigné (> 1000 m).

Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été saisies dans le tableur Microsoft Excel®. La nomenclature des espèces et des familles présentée est en référence à la Flore Analytique du Bénin (Akoégninou *et al.*, 2006). Une matrice « Relevés x espèces » réalisée dans le tableur Excel a été soumise à des analyses multivariées dont la classification ascendante hiérarchique (CAH) suivant la méthode Ward's (Kebenzikato *et al.*, 2014). Cette ordination a permis de discriminer les peuplements de *T. indica* sur la base de la diversité floristique. Pour chaque groupement de relevés discriminés, les composantes de la diversité alpha telles que : la richesse spécifique (Rs), l'indice de diversité de Shannon (Ish, bits) et de Piélou appelé équitabilité (Eq) (Magurran, 2004) sont analysés. L'évaluation de la diversité a pris aussi en compte l'indice de valeur d'importance des familles (FIV) et l'indice de valeur d'importance des espèces (IVI) (Cottam & Curtis, 1956 ; Pereki *et al.*, 2013) pour caractériser les différents groupements.

(1) Fréquences relatives des espèces (Fr) :

$$Fr = \frac{ni}{n} \times 100$$

ni = nombre d'individus de l'espèce i et *n* = nombre total d'individus.

(2) Richesse spécifique (Rs) : $Rs = S$

S = nombre total des espèces d'un biotope

(3) Indice de diversité de Shannon (Ish) dont la valeur est comprise entre 1 et 5 :

$$\mathbf{Ish} = -\sum_{i=1}^{s}\left(\frac{n_i}{n}\right)\log_2\left(\frac{n_i}{n}\right)$$

L'indice d'équitabilité de Piélou (Eq) correspond au rapport entre la diversité observée et le logarithme à base 2 du nombre total d'espèces (S) dont la valeur est comprise entre 0 et 1. Lorsque cette valeur est proche de « 0 » les espèces sont faiblement réparties, mais par contre proche de « 1 » les espèces sont équitablement réparties.

(4) $Eq = \frac{Ish}{log_2 S}$ *, avec S = nombre total d'espèces.*

L'Indice de Valeur d'importance des Familles (FIV) est la somme de trois facteurs représentatifs des valeurs biométriques quantitatives : la dominance relative (Rdo) qui est représentative de la surface terrière de chaque famille, la densité relative (Rde) qui est représentative du nombre d'individus de chaque famille, la diversité relative (Rdi) qui est représentative du nombre d'espèces de chaque famille. Sa valeur est comprise entre 0 et 300.

(5) FIV = Rdo + Rde + Rdi

L'Indice de Valeur d'Importance des espèces (IVI) associe toutes les données recueillies sur le terrain concernant les individus, dont le DHP ≥ 5 cm. Pour chaque espèce, il fournit les informations sur le nombre d'individus (Rde), sur leur distribution, sur le relevé (Fr) ainsi que sur leur importance en fonction de la surface terrière (Rdo) qu'ils occupent. Cet indice met en évidence les espèces les plus importantes. Sa valeur est comprise entre 0 et 300.

(6) IVI = Rde + Fr + Rdo.

L'appréciation des données issues des peuplements pour chaque groupement discriminé, a été faite à partir du calcul des paramètres structuraux pour l'ensemble des ligneux et spécifiquement pour *T. indica*. Les paramètres structuraux pris en compte sont : la hauteur moyenne de Lorey (H_L), le diamètre moyen (Dm), la surface terrière (G), la densité (D) et le taux de régénération (Atakpama *et al.*, 2014 ; Folega *et al.*, 2022). Le taux de régénération (Nr) est le rapport entre l'effectif total des jeunes plants (DHP < 5 cm) et celui de tous les individus du peuplement. L'indice de Green (IG) a été utilisé pour apprécier la distribution des individus de *T. indica* (Jayaraman, 1999). Cet indice varie entre 0 (pour une distribution aléatoire des individus) et 1 (pour une agglomération maximale). La proportion relative entre les individus de grands et de petits diamètres de *T. indica* a été évaluée par le coefficient d'asymétrie (g) (Feeley *et al.*, 2007). Le coefficient d'asymétrie, g < 0 décrit une distribution avec relativement peu de grandes tiges par rapport aux tiges de petits diamètres ; au contraire g>0 signifie une distribution de taille avec relativement peu de petites tiges et beaucoup de grandes tiges.
La part des pieds de *T. indica* dans la surface terrière de l'ensemble des ligneux a été pondérée en évaluant sa contribution à la surface terrière (Cs, en pourcentage) (Atakpama *et al.*, 2014). Pour la comparaison des paramètres structuraux entre les groupes, une analyse de variance (ANOVA one-way) suivie de test de Fisher au seuil de 0.05 a permis de déterminer la significativité ou non des différences observées.
Les structures en diamètre et en hauteur des parcs de *T. indica* ont été établies pour les différents groupes discriminés. Les individus des espèces ont été regroupés en classes de diamètre et classes de hauteur respectivement de 10 cm et 2 m d'amplitude. Pour ressortir spécifiquement le mode de distribution de *T. indica*, les paramètres dendrométriques (hauteur et diamètre) des différents individus de l'espèce ont été extraits de la base de données de l'ensemble des espèces ligneuses inventoriées. Les structures ont été ajustées à l'aide de la distribution théorique suivant les trois (3) paramètres de Weibull à en raison de sa flexibilité et de sa simplicité (Bonou *et al.*, 2009 ; Miguel *et al.*, 2010). La fonction de densité théorique de Weibull à 3 paramètres utilisée est représentée comme suite :

$$f(x) = \frac{C}{b}\left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} e^{\left[x-\frac{a}{b}\right]^{C}}$$

où **(x)** est le diamètre ou la hauteur des arbres, **(a)** est le paramètre de position, **(b)** est le paramètre d'échelle ou de taille, et **(c)** est le paramètre de forme lié à la structure observée (Tableau 1).

Tableau 1 : Forme de la distribution de Weibull selon les valeurs du paramètre c

Valeur de c	Type de distribution
c < 1	Distribution en « J renversé », caractéristiques des peuplements multispécifiques ou inéquiennes.
c=1	Distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations en extinction.
1< c < 3,6	Distribution asymétrique positive ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faibles diamètres.
c=3,6	Distribution symétrique ; structure normale, caractéristique des peuplements équiennes ou monospécifiques de même cohorte.
c>3,6	Distribution asymétrique négative ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements monospécifiques à dominance d'individus âgés.

Source : Husch *et al.* (2003)

3. Résultats

Bilan floristique

La diversité des peuplements à tamarinier est 38 espèces ligneuses réparties en 37 genres et 21 familles. Les familles les plus représentées sont les Leguminosae-Caesalpiniodeae et les Leguminosae-Mimosaodeae représentées chacune par 4 espèces (Figure 3).

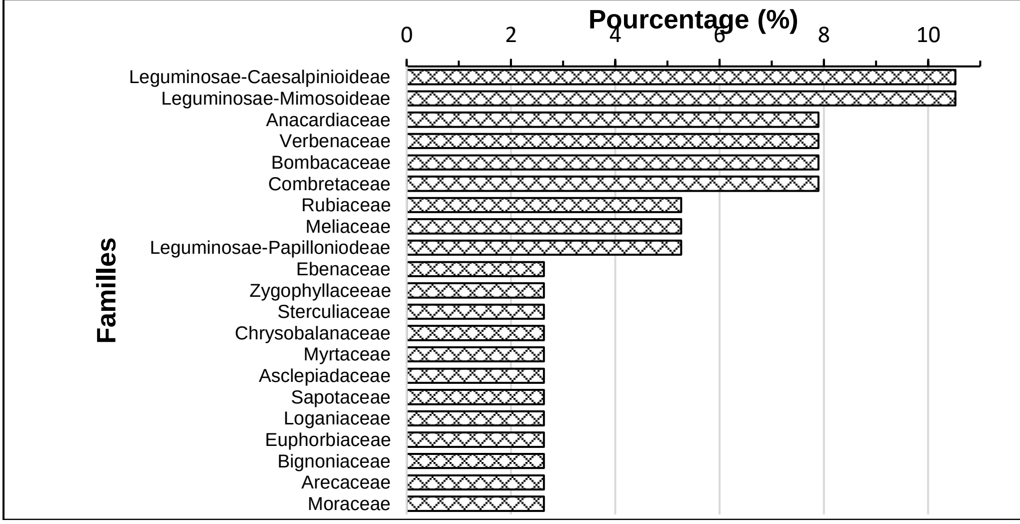


Figure 3 : Spectre brut des familles

Typologie des peuplements à *T. indica*

Les analyses multivariées sur la base de l'abondance-dominance des espèces des 149 relevés à l'aide du logiciel Community Analysis Package (CAP 2.15) ont permis de discriminer six (6) principaux groupements des relevés de la zone d'étude à un seuil de 4,25 (Figure 4). Il s'agit de : jachères à *T. indica* et *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex A. DC. (G1), champs à *T. indica* et *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. & Perr.

(G2), bosquets à *T. indica* et *Sterculia setigera* Delile (G3), champs à *T. indica* et *Azadirachta indica* A. Juss (G4), champs à *T. indica* et *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn (G5) et champs à dominance *T. indica* (G6).

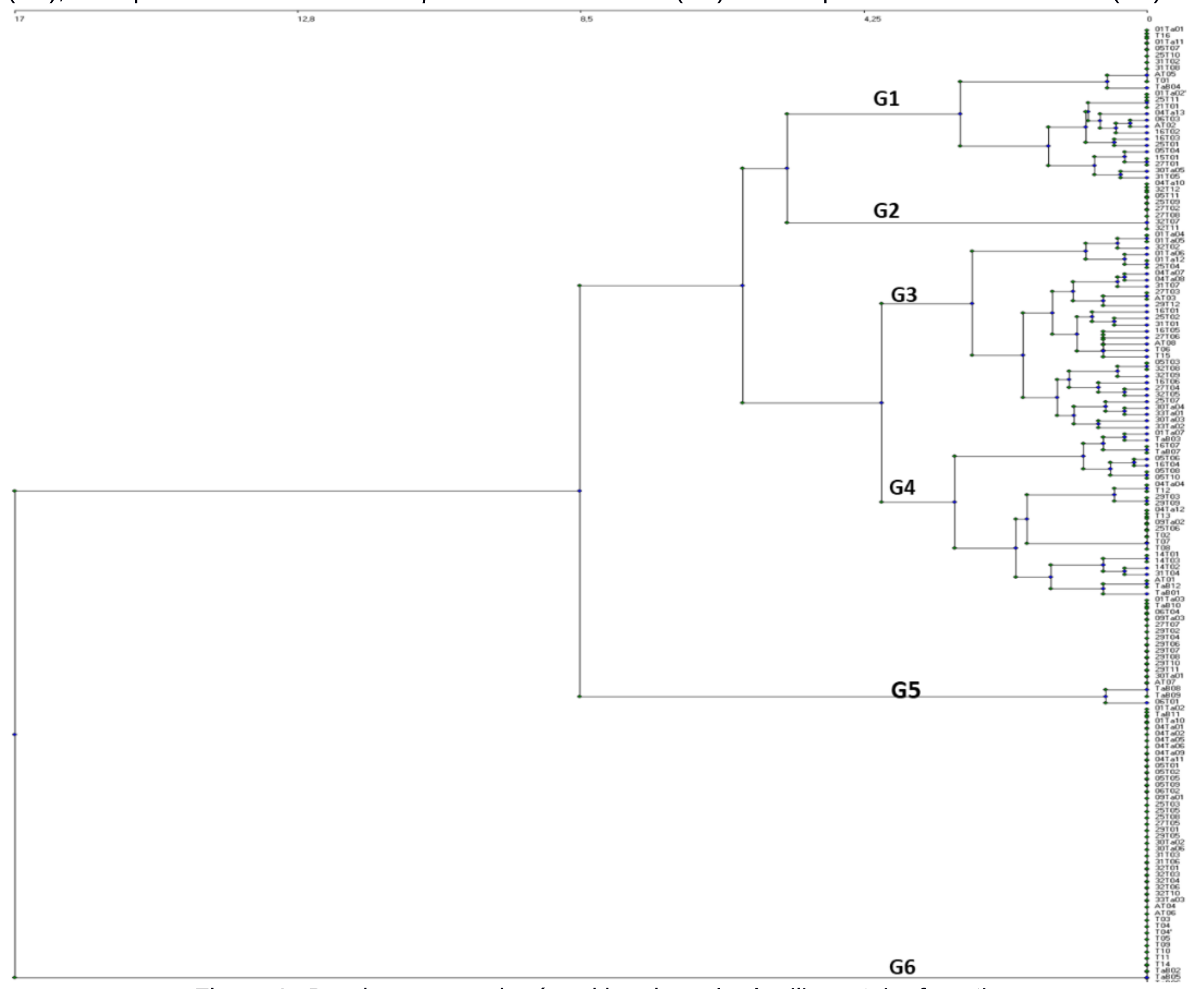


Figure 4 : Dendrogramme de répartition des relevés d'inventaire forestier

Jachères à *Tamarindus indica* et *Diospyros mespiliformis* (G1)

Le groupe G1 est constitué de 23 relevés avec une diversité de 16 espèces ligneuses. Ce sont des jachères situées à proximité des habitations. Les espèces les plus importantes en plus du *T. indica* (175,20 %) sont : *D. mespiliformis* (146,76 %), *Vitellaria paradoxa* (61,08) et *Anogeissus leiocarpus* (54,14) (Tableau 2). La densité de *T. indica* est de 9,22 ± 8,57 tiges/ha avec un diamètre moyen de 42,78 cm et la hauteur moyenne de 10,45 m. La contribution basale de *T. indica* est de 49,58 %. La valeur de l'indice de Green (0,30) montre une distribution quasiment aléatoire. Le coefficient d'asymétrie 2,67 (g > 0) montre une dominance des individus de grands diamètres dans la population. Les indices de diversité de Shannon Weaver et d'Équitabilité de Pielou sont respectivement de 2,89 et de 0,72.

Champs à *Tamarindus indica* et *Anogeissus leiocarpus* (G2)

Le groupe G2 constitué de 8 relevés comprend en particulier deux espèces : *T. indica* (IVI = 233,13) et *A. leiocarpus* (IVI = 141,87). La densité des tiges de *T. indica* est de 10,00 ± 7,09 tiges/ha. Ce groupe est caractérisé par une importante contribution basale de *T. indica* (77%). L'indice de Green est de 0,14 et le coefficient d'asymétrie (g) est de 0,33. Ces valeurs ressortent une distribution aléatoire des individus avec une relative dominance des individus de grands diamètres.

Bosquets sacrés à *Tamarindus indica* et *Sterculia setigera* (G3)

G3 regroupe 32 relevés de bosquets sacrés dont la florule est de 33 espèces ligneuses. En dehors de *T. indica* (192,70 %), les espèces les plus importantes sont : *Sterculia setigera* (31,15 %), *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile (25,07 %), *Sclerocarya birrea* (A.Rich.) Hochst. (21,56 %), *Azadirachta indica* A.Juss. (20,58 %). La densité de *T. indica* est de 9,63 ± 6,73 tiges/ha avec une contribution basale de 52,06 %. L'Indice de Green (IG) et le Coefficient d'asymétrie (g) sont respectivement de 0,13 et de -0,02. Ces valeurs décrivent une distribution aléatoire des individus de faible et grand diamètre en proportion quasiment similaire. La diversité biologique est caractérisée par une richesse spécifique de 33, l'indice de Shannon Weaver de 4,06 et de l'indice d'Équitabilité de Pielou de 0,86.

Champs à *T. indica* et *Azadirachta indica* A. Juss (G4)

Le groupe G4 comprenant 25 relevés dominés par *T. indica* et *Azadirachta indica* avec des IVI respectivement de 199,04 et 104,49. Les autres espèces accompagnatrices sont : *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. ex Benth. (51,17 %), *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn. ssp. *paradoxa* (45,55 %), *Mitragyna inermis* (Willd.) Kuntze (32,41%). Ces formations constituées des champs plus ou moins éloignés habitations (entre 100 m et 2 km) des sont caractérisées par une densité de 28,32 ± 16,65 tiges/ha pour tous les ligneux contre une densité de 12,30 ± 10,39 tiges/ha pour les pieds de *T. indica.* La contribution basale de *T. indica* est de 59,54 % avec un indice de green de 0,40 et un coefficient d'asymétrie de 0,79. L'indice de Shannon Weaver est de 2,51 et l'indice d'Équitabilité de Pielou est de 0,79.

Champs à *T. indica* et *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn (G5)

G5 est un groupement de champs comprenant 17 relevés de richesse spécifique 4. L'espèce la plus importante en dehors de *T. indica* (IVI = 226,66) est *Vitellaria paradoxa* (IVI = 163,65). Les espèces secondaires sont : *Azadirachta indica* A.Juss., *Stereospermum kunthianum* Cham.. Les caractéristiques des pieds de *T. indica* sont : une densité de 11,53 ± 9,04 tiges/ha et une contribution basale de 64,20 %. L'indice de Shannon Weaver est de 1,32 et l'indice d'Équitabilité de Pielou est de 0,66. Ce groupe constitué des champs éloignés des concessions a un indice de green de 0,24 et un coefficient d'asymétrie de - 0,27.

Champs à *T. indica* (G6)

Le groupe G6 est composé des vieux champs dans 44 relevés, constitués principalement de *Tamarindus indica* L. (IVI = 292,83) avec une contribution basale de 98,07 %. Les espèces accompagnatrices sont *V. paradoxa* (7,85 %) et *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex A. DC. (3,86 %). Les pieds de l'espèce ont une faible densité de 8,55 ± 5,56 tiges/ha contre une densité de 8,91 ± 6,51 pour l'ensemble des ligneux. L'indice de green et le coefficient d'asymétrie sont respectivement de 0,08 et de 0,77.

Les tests statistiques effectués sur les paramètres dendrométriques des pieds de *T. indica* de chaque groupe ne présentent aucune différence significative (Tableau 4). Cependant pour l'ensemble des ligneux, l'analyse de variance (ANOVA one-way) suivie de test de Fisher au seuil de 0.05 montre une différence significative entre les six (6) groupes discriminés pour la densité et le diamètre moyen.

Tableau 2 : Espèces selon leur importance dans chaque groupe.

Espèces Groupement	**FREQsp**	**DENsp**	**DOMsp**	**IVI**
G1				
Tamarindus indica L.	100,00	33,76	41,45	175,20
Diospyros mespiliformis Hochst. Ex A.DC.	95,65	25,48	25,63	146,76
Vitellaria paradoxa C.F.Gaertn.	39,13	12,74	9,21	61,08
Anogeissus leiocarpus (DC.) Guill. & Perr.	26,09	13,38	14,68	54,14
G2				
Tamarindus indica L.	100,00	62,50	70,63	233,13
Anogeissus leiocarpus (DC.) Guill. & Perr.	75,00	37,50	29,37	141,87
G3				
Tamarindus indica L.	100,00	44,51	48,19	192,70
Sterculia setigera Delile	18,75	5,78	6,62	31,15
Balanites aegyptiaca (L.) Delile	18,75	3,47	2,85	25,07

Espèces Groupement	**FREQsp**	**DENsp**	**DOMsp**	**IVI**
Sclerocarya birrea (A.Rich.) Hochst.	15,63	2,89	3,05	21,56
G4				
Tamarindus indica L.	100,00	45,20	53,84	199,04
Azadirachta indica A.Juss.	72,00	19,77	12,71	104,49
Parkia biglobosa (Jacq.) R.Br. ex Benth.	32,00	7,91	11,26	51,17
Vitellaria paradoxa C.F.Gaertn. ssp.	32,00	6,78	6,77	45,55
G5				
Tamarindus indica L.	100,00	62,82	63,84	226,66
Vitellaria paradoxa C.F.Gaertn.	94,12	34,62	34,92	163,65
Azadirachta indica A.Juss.	5,88	1,28	0,71	7,87
Stereospermum kunthianum Cham.	5,88	1,28	0,53	7,70
G6				
Tamarindus indica L.	100,00	95,92	96,92	292,83
Vitellaria paradoxa C.F.Gaertn. ssp.	2,27	3,06	2,52	7,85
Diospyros mespiliformis Hochst. Ex A.DC.	2,27	1,02	0,56	3,86

L'Indice de Valeur d'importance des Familles (FIV) le plus élevé concerne Leguminosae-Papilloniodeae (FIV = 226,17) enregistré au niveau des vieux champs à *T. indica* ou Groupe 6 (Tableau 3**Tableau *3* : Familles selon leur importance dans les différents groupes.**). Dans les différents groupes discriminés, en dehors de Leguminosae-Papilloniodeae, la famille la plus importante est celle des Combretaceae (FIV = 116,87).

Tableau 3 : Familles selon leur importance dans les différents groupes.

Familles Groupement	**DIV**	**DENS**	**DOM**	**FIV**
G1				
Leguminosae-Papilloniodeae	7,69	34,42	41,45	83,55
Ebenaceae	7,69	25,97	25,63	59,30
Combretaceae	15,38	14,29	14,81	44,48
Sapotaceae	7,69	12,99	9,21	29,89
G2				
Leguminosae-Pappilloniodae	50,00	62,50	70,63	183,13
Combretaceae	50,00	37,50	29,37	116,87
G3				
Leguminosae-Papilloniodeae	10,53	47,40	50,55	108,47
Anacardiaceae	15,79	8,67	8,65	33,11
Leguminosae-Caesalpinioideae	21,05	4,62	4,49	30,17
Leguminosae-Mimosoideae	15,79	5,20	2,77	23,76
G4				
Leguminosae-Papilloniodeae	11,11	45,20	53,84	110,15
Meliaceae	11,11	19,77	12,71	43,60
Leguminosae-Mimosoideae	11,11	7,91	11,26	30,29
Rubiaceae	11,11	9,60	6,81	27,52
G5				
Leguminosae-Papilloniodeae	25,00	62,82	62,87	150,69
Sapotaceae	25,00	34,62	34,24	93,85
Meliaceae	25,00	1,28	1,60	27,88
Bigniaceae	25,00	1,28	1,30	27,58
G6				
Leguminosae-Papilloniodeae	33,33	95,92	96,92	226,17
Sapotaceae	33,33	3,06	2,52	38,92
Ebenaceae	33,33	1,02	0,56	34,92

e-ISSN (Online): 2790-3230

Tableau 4 : Paramètres structuraux de *T. indica*

Paramètres	**G1 (n = 23)**	**G2 (n = 8)**	**G3 (n = 32)**	**G4 (n = 25)**	**G5 (n = 17)**	**G6 (n = 44)**	**P**
T. indica							
Densité (D, tiges/ha)	9,22 ± 8,57	10,00 ± 7,09	9,63 ± 6,73	12,30 ± 10,39	11,53 ± 9,04	8,55 ± 5,56	0,334
Diamètre (Dg, cm)	42,78 ± 24,72	45,87 ± 15,94	43,7 ± 15,89	44,54 ± 12,80	46,59 ± 14,52	51,77 ± 21,63	0,512
Hauteur (HL, m)	10,45 ± 3,31	11,31 ± 2,95	11,35 ± 2,90	10,39 ± 2,29	11,23 ± 2,97	11,27 ± 2,73	0,796
Surface terrière (G, m²/ha)	1,33 ± 1,21	1,57 ± 0,94	1,44 ± 1,62	2,00 ± 2,27	2,00 ± 1,37	1, 80 ± 1,28	0,551
Densité régénération (R, tiges/ha)	4,87	4,50	9,13	4,00	8,96	3,73	
Taux de régénération (Nr, %)	27,99	23,08	33,57	25,76	42,14	29,49	
Indice de Green (IG)	0,30	0,14	0,13	0,40	0,24	0,08	
Coefficient d'asymétrie (g)	2,67	0,33	-0,02	0,79	-0,27	0,77	
Ensemble des ligneux							
Densité (D, tiges/ha)	26,78±18,62	16,00±10,35	21,625 ± 13,89	28,32 ± 16,65	18,35 ± 12,97	8,91 ± 6,51	0,000
Diamètre (Dg, cm)	35,64 ± 11,66	40,22 ± 12,16	40,4 ± 30,03	38,80 ± 10,32	46,09 ± 10,93	51,2 ± 21,79	0,016
Hauteur (H_L, m)	10,65 ± 3,091	10,7 ± 2,61	10,88 ± 2,94	10,04 ± 1,82	10,67 ± 1,92	11,2 ± 2,72	0,602
Surface terrière (G, m²/ha)	2,79 ± 2,07	2,04 ±1,16	3,46 ± 5,67	3,12 ± 2,24	3,06 ± 1,79	1,80 ± 1,32	0,229
Contribution basale (Cs, %)	49,58	77,22	52,06	59,54	64,20	98,07	
Richesse spécifique	16	2	33	9	4	3	
Diversité de Shannon's	2,89	0,99	4,06	2,51	1,32	0,30	
Équitabilité de Pielou	0,72	0,99	0,81	0,79	0,66	0,19	

Structure démographique des habitats à *T. indica*

Structure en diamètre de l'ensemble des ligneux

La distribution des tiges par classes de diamètre des ligneux des parcs agroforestiers à *T. indica* est en forme de cloche dissymétrique gauche avec une relative dominance des individus de faibles diamètres dans tous les groupements (

Figure 5). Ces structures s'ajustent avec un coefficient de forme de probabilité de Weibull compris entre 1 et 3,6. Dans la majorité des cas, on note une absence des individus de plus de 85 cm. Le groupement G2 est dépourvu d'individus de diamètres inférieurs à 10 cm.

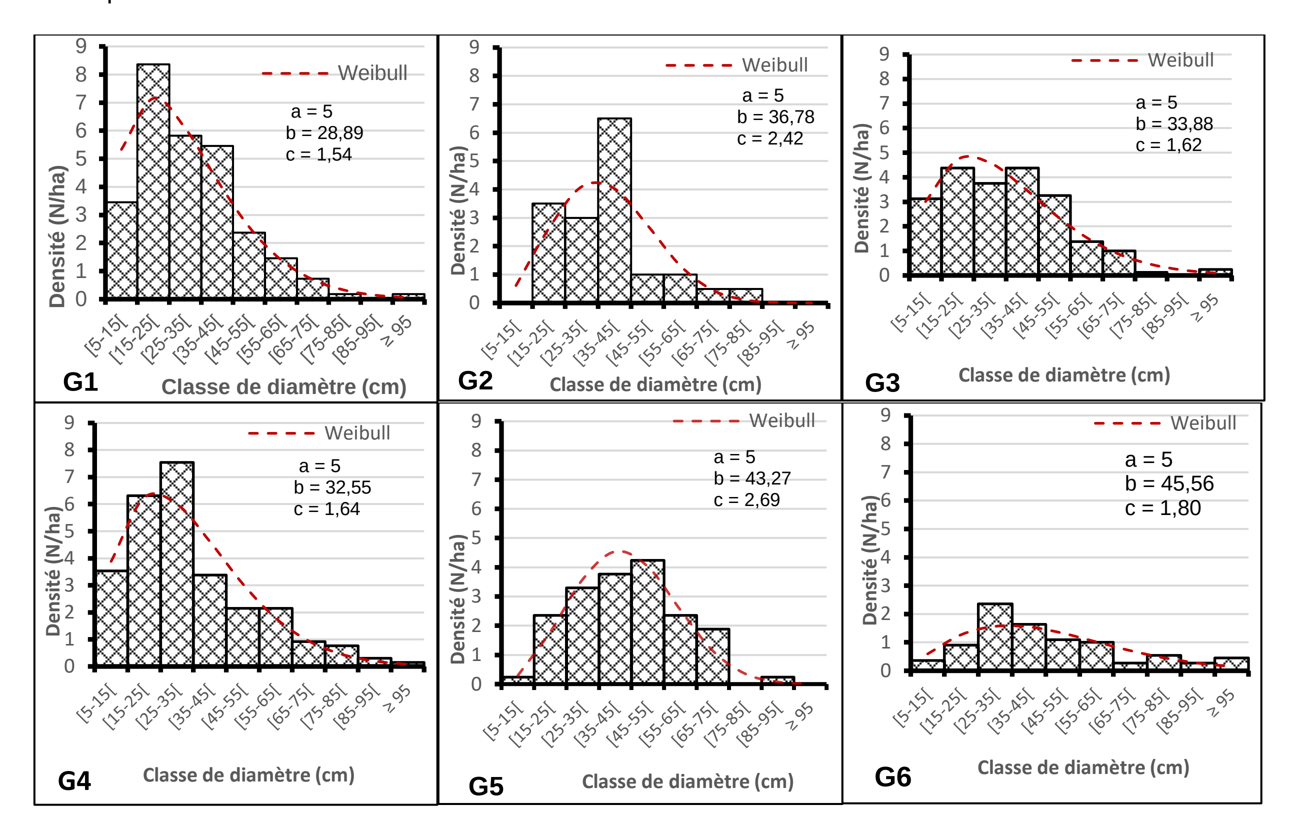


Figure 5 : Structure par classe de diamètre des ligneux des formations à *T. indica*

Structure en diamètre des tiges de *T. indica*

La structure horizontale spécifique aux tiges de *T. indica* s'ajuste également avec un coefficient de forme de probabilité de Weibull compris entre 1 et 3,6. Ce qui montre qu'il s'agit d'une distribution asymétrique gauche qui est caractéristique des peuplements avec prédominance d'individus jeunes ou de faibles diamètres (Figure 6). Le nombre de tiges dans les classes de diamètre supérieures à 75 cm est très faible, voire inexistant.

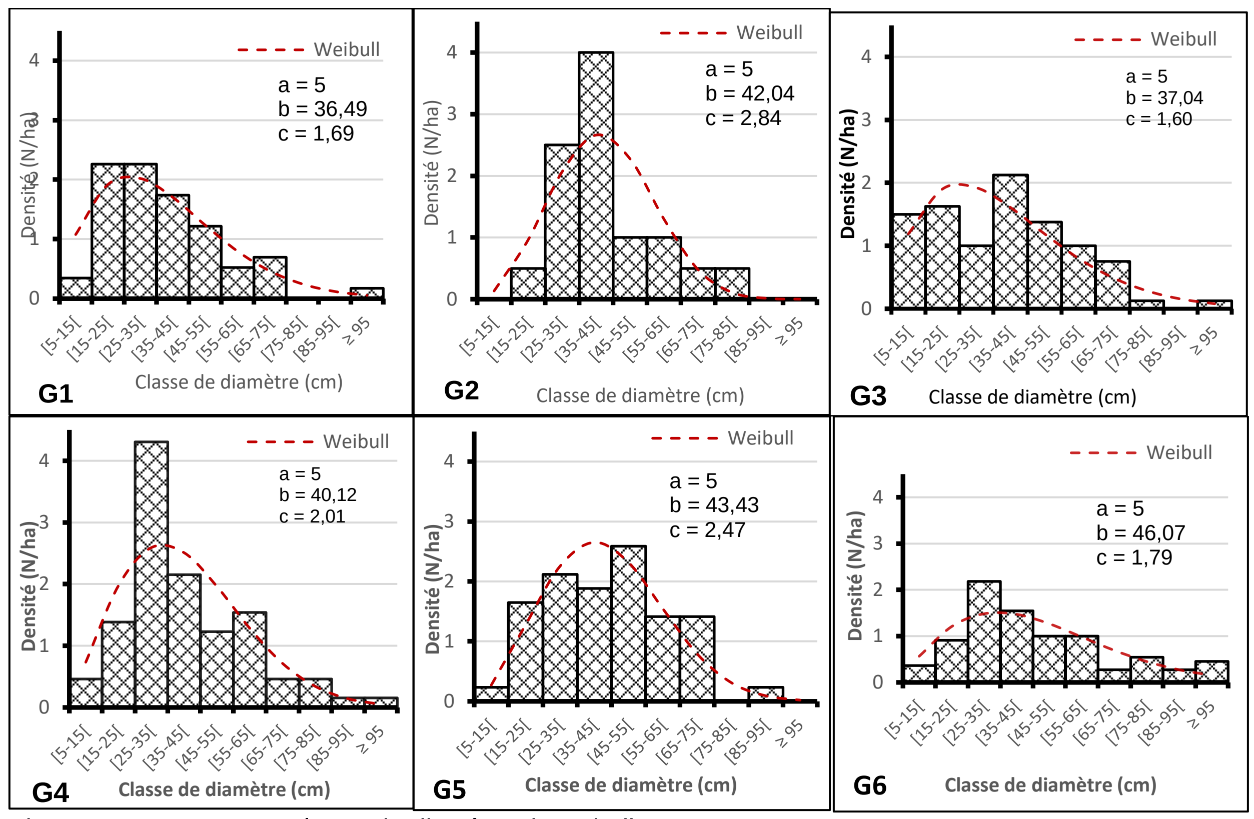
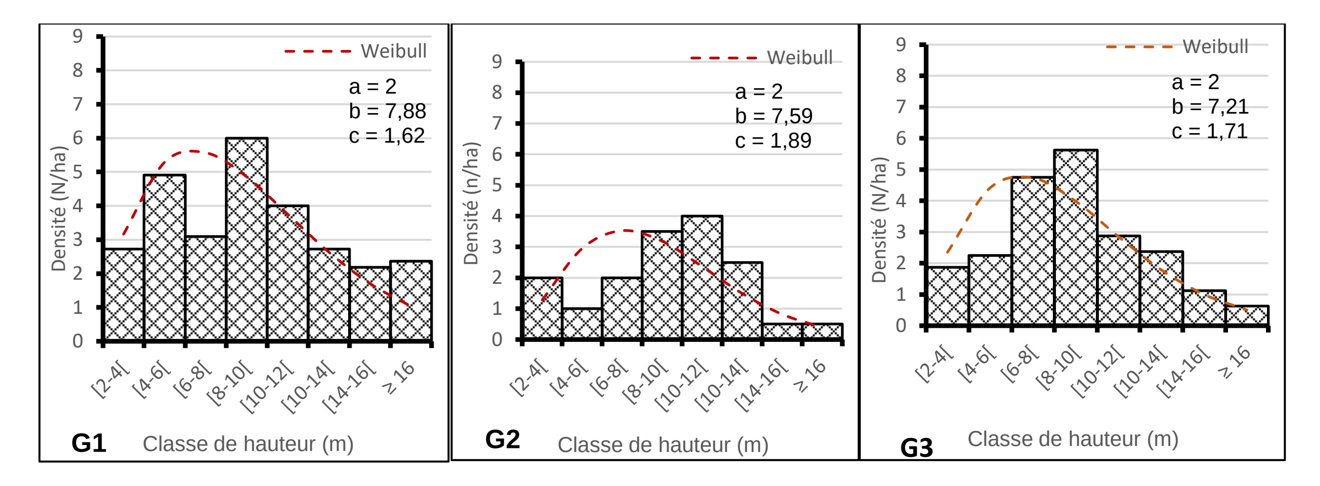


Figure 6 : Structure par classe de diamètre de *T. indica*

Structure en hauteur des ligneux des formations à *T. indica*

La distribution des classes de hauteur montre de façon générale une structure en cloche dissymétrique gauche pour les peuplements des ligneux des parcs étudiés (Figure 7). Leur coefficient de forme c de la distribution de Weibull est compris entre 1,62 et 2,78 indiquant une distribution en cloche avec une prédominance des individus de faibles hauteurs. La classe de hauteur [8-10[est la plus représentée dans les formations G1, G3, G4 et G5. Ce dernier regroupement ne présente pas d'individus dans la classe de hauteur [2-4[et les hauteurs supérieures à 16 m.



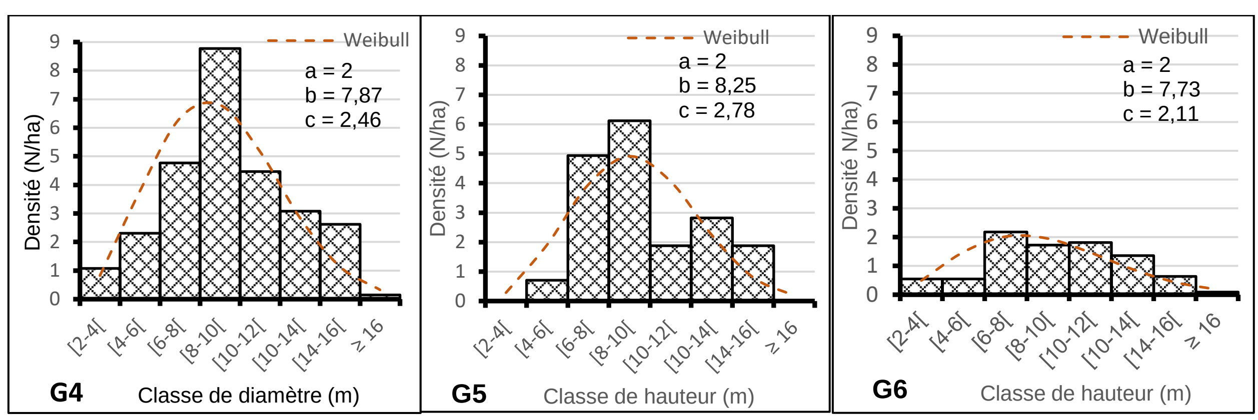


Figure 7 : Structure en hauteur des ligneux des formations à *T. indica*

Structure en hauteur des individus de *T. indica*

Les tiges de hauteur inférieure à 4 m ne sont pas représentées pour le groupe G5. La classe de hauteur 8 m à 10 m présente plus d'individus dans les groupes G1, G3, G4 et G5. La structure verticale spécifique aux tiges de *T. indica* s'ajuste avec un coefficient de forme de probabilité de Weibull compris entre 1,60 et 3,13. Les regroupements G1, G3, G4 et G5 sont caractérisés par une distribution positive avec une prédominance d'individus de faibles hauteurs. La distribution est dissymétrique droite au niveau de G2 pour la population de *T. indica*. Dans ce groupement on note une absence des deux premières classes de hauteur de 2-6 m.

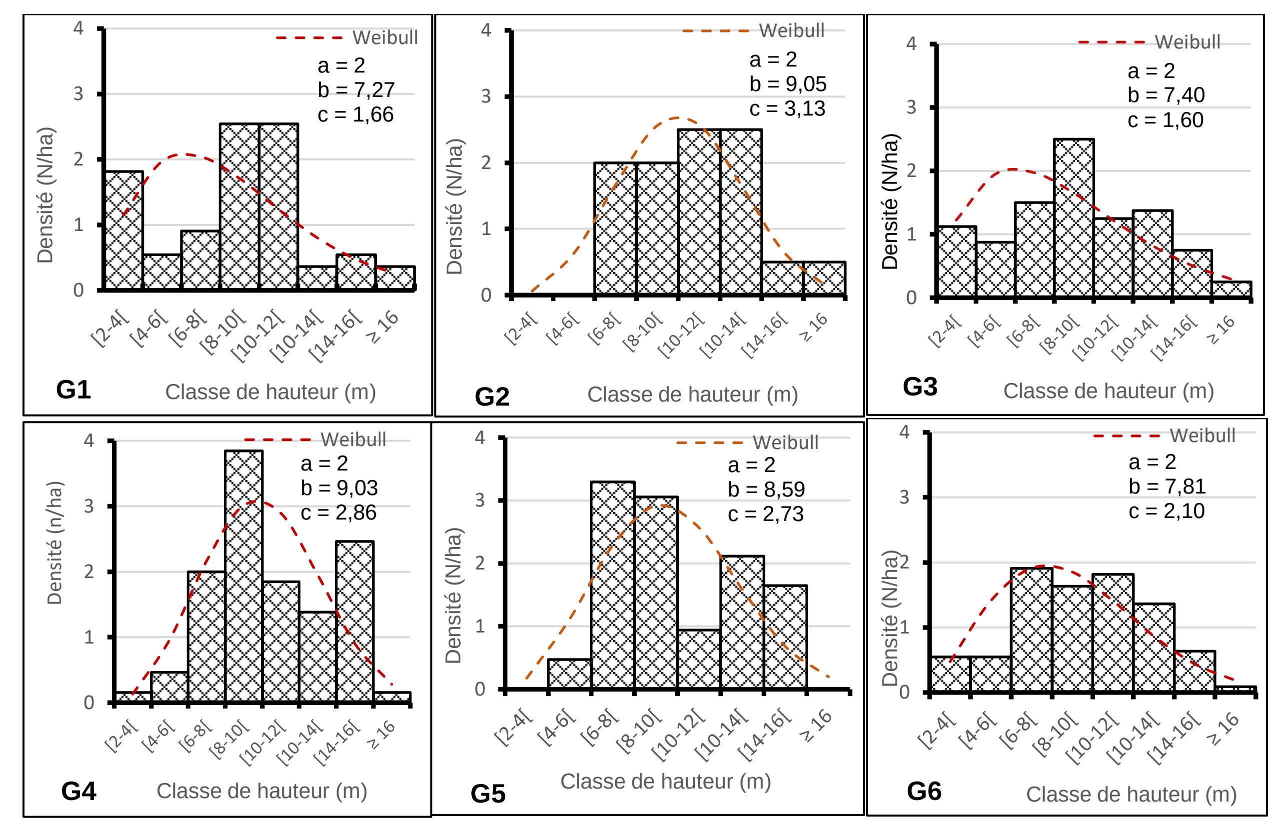


Figure 8 : Structure en hauteur des tiges de *T. indica*

e-ISSN (Online): 2790-3230

4. Discussion

La diversité des parcs à tamarinier de la zone écologique I est évaluée à 38 espèces ligneuses. Cette florule est identique à celle des parcs à néré (Padakale *et al.*, 2015) et plus élevée que celle des parcs à rôniers (Atakpama *et al.*, 2022a), soit 23 espèces situées dans la même zone géographique. Par contre, elle est inférieure à celles des parcs à baobab du Togo (Kebenzikato *et al.*, 2014) et des systèmes agroforestiers de la région des plateaux du Togo (Atakpama *et al.*, 2022b) correspondant respectivement à 52 et 103 espèces. Cette différence s'explique par la variation des aires d'échantillonnage, les variabilités climatiques et les thématiques abordées. La première étude est réalisée à l'échelle du pays. L'étude réalisée dans la région des plateaux du Togo a pris en compte tous les systèmes agroforestiers tandis que la présente étude est spécifique aux parcs agroforestiers à tamarinier. L'importance écologique du tamarinier appréciée à partir de l'indice de valeur d'importance montre qu'elle est globalement plus représentée dans les parcs étudiés (IVI ≥ 192,70) que ceux du Niger au niveau des sites de Tanda (IVI = 78,18%), Torodi (IVI = 72,21%) et Bana (IVI = 45,55%) (Garba *et al.*, 2020). Cependant, elle demeure un peu moins représentative au sein des parcs à tamarinier étudiés que celle des parcs à néré et à rôniers situés dans la même zone (Padakale *et al.*, 2015 ; Atakpama *et al.*, 2022a).
La densité des pieds adultes de *T. indica* dans la zone écologique I du Togo varie entre 8,55 et 12,30 tiges/ha. Ces densités sont comparables à celles des parcs agroforestiers à baobab (Kebenzikato *et al.*, 2014) et de loin assez inférieures à celles des autres espèces agroforestières décrites dans la même zone notamment le néré (entre 28.80 et 52,40 pieds/ha), le karité et les rôniers (19 et 35 tiges/ha) (Aleza *et al.*, 2015 ; Padakale *et al.*, 2015 ; Atakpama *et al.*, 2022a). Par contre ces densités sont plus élevées que celles rapportées au Niger et Sénégal variant entre 2 et 10 tiges/ha (Bourou *et al.*, 2012 ; Garba *et al.*, 2020) et dans les savanes et les terres agricoles du Bénin, 5 tiges/ha (Fandohan *et al.*, 2010b). La variabilité des densités se justifie par le mode de gestion. Ceci ressort dans l'étude de Fandohan *et al.* (2010b) au Bénin où l'on note de très faibles densités de *T. indica* dans les espaces agraires (5 tiges/ha) et celles dans le parc W au Bénin sont plus élevées (18,2 individus/ha). L'influence du mode de gestion sur la densité est aussi rapportée pour le baobab par Kebenzikato *et al.* (2014).
Globalement le taux de régénération de l'espèce est faible. Cette faible capacité de régénération de *T. indica* a été précédemment rapportée au Kenya (Nyadoi *et al.*, 2011). La vulnérabilité de l'espèce face aux pressions de collecte des organes notamment les fruits utilisés à diverses fins dans la zone a été relevée par Samarou *et al.* (2021). La surexploitation des structures reproductives des plantes (fruits, graines, fleurs et étamines) est considérée comme une force motrice partielle de la faible régénération des espèces (Avocèvou-Ayisso *et al.*, 2009). Cependant, la contribution de la pression de récolte humaine au faible taux de régénération est complexe à estimer et n'est pas encore bien documentée (Murali *et al.*, 1996).
La structure diamétrique de *T. indica* montre que dans les différents habitats, l'espèce est caractérisée par une asymétrique positive avec une prédominance d'individus de faibles diamètres. Cependant on note une différence des densités en fonction des groupements. Dans les groupements des champs à *T. indica* et *A. leiocarpus*, l'absence des individus de la première classe de diamètre (5-15 cm) serait liée au faible taux régénération et aussi au mode de gestion ainsi que la préférence des paysans dans ces parcs. Dans les vieux champs à *T. indica*, la sélection et la fréquence des activités champêtres ainsi que la collecte des fruits seraient à l'origine des faibles densités des pieds adultes et des individus jeunes de tamariniers. L'impact de la gestion, notamment les préférences des paysans est rapportée par Wala *et al.* (2005) lors de son étude sur la typologie des parcs agroforestiers de la préfecture de Doufelgou au Togo. Les connaissances endogènes d'usages et de sélection demeurent des facteurs déterminants dans la conservation et la gestion des parcs et par conséquent la densité et la régénération des espèces agroforestières (Wala *et al.*, 2005 ; Padakale *et al.*, 2015). Contrairement aux structures asymétriques positives obtenues dans cette étude, Garba *et al.* (2020) ont obtenu au Niger des structures asymétriques négatives (c > 3,6), caractéristiques des populations à prédominance d'individus âgés. Ce même constat est rapporté par l'étude sur *T. indica* au Bénin qui a montré un coefficient d'asymétrie positif (g > 0), indiquant une distribution avec relativement peu d'individus de faibles diamètres (Fandohan *et al.*, 2010b).

5. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer la diversité spécifique des parcs agroforestiers à *T. indica* et de caractériser sa structure démographique dans la zone soudanienne du Togo. Ces parcs regorgent une diversité

biologique de 38 espèces ligneuses réparties en 37 genres et 28 familles. Les familles les plus représentées sont les Leguminosae-Caesalpiniodeae et les Leguminosae-Mimosaodeae. Les espèces accompagnatrices à *T. indica* les plus représentées sont : *Diospyros mespiliformis*, *Vitellaria paradoxa*, *Anogeissus leiocarpus, Azadirachta indica.* Six (6) types de groupements ont été discriminés : les jachères à proximité des habitations, les champs plus ou moins proches des habitations, les bosquets sacrés, les champs plus ou moins proches des habitations, les champs éloignés des habitations et vieux champs à dominance *T. indica* éloignés des habitations. Dans les différents groupements, la structure horizontale et verticale des individus de *T. indica* et de l'ensemble des ligneux est en forme de cloche avec une relative dominance des tiges de faibles diamètres. La contribution basale de *T. indica* dans les différents groupements discriminés avoisine 50 % et la répartition de ces pieds est aléatoire montrant une régénération naturelle. Le potentiel de régénération est assez faible dans l'ensemble des groupements discriminés et un taux relativement plus important dans les champs à *T. indica* et *V. paradoxa* paraissent les mieux gérés. Il serait important de promouvoir une régénération assistée de l'espèce au sein des parcs en l'incluant dans les programmes de restauration des paysages de la zone soudanienne du Togo. Pour ce faire, une meilleure connaissance des exigences pédoclimatiques du développement de l'espèce s'avère nécessaire.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT) pour avoir financé ce travail à travers son programme de bourses qui a permis la réalisation de cette recherche. Nos remerciements vont aussi à l'endroit des personnes qui ont participé aux inventaires forestiers et floristiques.

Références

Affaton P., 1990. *Le bassin des Volta (Afrique de l'Ouest) : une marge passive, d'âge Protérozoïque supérieur, tectonisée au Panafricain (600 ± 50 Ma).*Th. Doc. Géol., Aix-Marseille 3, France, 499 p.

Akoégninou A., van der Burg W. J., van der Maesen L. J. G., Adjakidjè V., Essou J. P., Sinsin B., Yédomonhan H., 2006. *Flore Analytique du Bénin*. Cotonou & Wageningen: Backhuys Publishers, 1034 p.

Aleza K., Wala K., Bayala J., Villamor G. B., Dourma M., Atakpama W., Akpagana K., 2015. Population structure and regeneration status of *Vitellaria paradoxa* (C. F. Gaertner) under different land management regimes in Atacora department, Benin. *Agrof. Syst.*, 89(3): 511-523.

Atakpama W., Atoemne K., Egbelou H., Padakale E., Batawila K., Akpagana K., 2022a. Distribution et démographie des parcs à rôniers dans la Région des Savanes du Togo. *AJLPGS*, 5(2): 290-302.

Atakpama W., Folega F., Dourma M., Woegan A. Y., Diwediga B., Wala K., Batawila K., Akpagana K., 2014. Woody species diversity, structure and distribution of *Sterculia setigera* Del. in Togo (West Africa). *ARRB*, 4(24): 4511-4528.

Atakpama W., Folega F., Kpadjao M.-E., Amouzou F. K. G., Ahouadjinou E. B. O., Woegan Y. A., Akpagana K., 2021. Problématique de gestion durable de la biodiversité des bosquets sacrés de la Région des Savanes au Togo. *Rev. Sci. Technol., Synth.*, 27(1): 22-32.

Atakpama W., Woegan Y. A., Folega F., Binao N. K., Batawila K., Akpagana K., 2022b. Systèmes agroforestiers de la Région des Plateaux du Togo. *AgroBiologia*, 12(1): 2932-2940.

Atato A., Woegan Y. A., Dourma M., Kpèrkouma W., Batawila K., Akpagana K., 2021. Distribution et disponibilité des espèces spontanées à fruits alimentaires dans quatre zones écologiques du Togo. *RMSAV*, 9(1): 73-81.

Atato A., Woegan Y. A., Marra D., Wala K., Batawila K., Akpagana K., 2020. Étude ethnobotanique des espèces spontanées a fruits comestibles du Togo. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé*, 22(1-2): 49-62.

Avocèvou-Ayisso C., Sinsin B., Adégbidi A., Dossou G., Van Damme P., 2009. Sustainable use of non-timber forest products: Impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. *For. Ecol. Manag.*, 257(9): 1930-1938.

Bonou W., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A. E., Fonton H. N., Sinsin B., 2009. Characterisation of *Afzelia africana* Sm. habitat in the Lama forest reserve of Benin. *For. Ecol. Manag.*, 258(7): 1084-1092.

Bourou S., 2012. *Étude éco-physiologique du tamarinier (Tamarindus indica L.) en milieu tropical aride.* Ghent University, 164 p.

Bourou S., Bowe C., Diouf M., Van Damme P., 2012. Ecological and human impacts on stand density and distribution of tamarind (*Tamarindus indica* L.) in S enegal. *African J. Ecol.*, 50(3): 253-265.

Cottam G., Curtis J., 1956. The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling. *Ecology*, 37(3): 451-460.

DGSCN, 2011. Nationale BdR, ed. Quatrième Recensement général de la population et de l'habitat - Novembre 2010 : publication des résultats définitifs dètaillés. Togo: République Togolaise/Ministère auprès du Président de la République, Chargé de la Planification, du Développement et de l'Aménagement du Térritoire, 57 p.

DRF/CNSF, 2019. Mission de cartographie des semenciers potentiels au Togo, Rapport, DRF, 33 p.

Fandohan A. B., Assogbadjo A. E., Glèlè Kakaï R., Kyndt T., De Caluwé E., Codjia J. T. C., Sinsin B., 2010a. Women's Traditional Knowledge, Use Value, and the Contribution of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) to Rural Households' Cash Income in Benin. *Eco. Bot.*, 64(3): 248–259.

Fandohan A. B., Assogbadjo A. E., Kakaï R. L. G., Sinsin B., Van Damme P., 2010b. Impact of habitat type on the conservation status of tamarind (*Tamarindus indica* L.) populations in the W National Park of Benin. *Fruits*, 65(1): 1-9.

Fandohan A. B., Assogbadjo A. E., Sinsin B., 2009. Endogenous knowledge on tamarind (*Tamarindus indica* L.) in northern Benin.In Parrotta JA, Oteng-Yeboah AA, Cobbinah J. *Traditional Forest-Related Knowledge and Sustainable Forest Management in Africa*. Okponglo-East Legon Accra, Ghana: IUFRO. 57-62.

Fandohan A. B., Azihou A. F., Assogbadjo A. E., Fonton N. H., Sinsin A. B., van Damme P., 2017. Environment-driven spatial pattern of tamarind trees in riparian forests. *JAEID*, 111(1): 23-37.

Feeley K. J., Davies S. J., Noor M. N. S., Kassim A. R., Tan S., 2007. Do current stem size distributions predict future population changes? An empirical test of intraspecific patterns in tropical trees at two spatial scales. *J. Trop. Ecol.*, 23: 191-198.

Folega F., Atakpama W., Kanda M., Wala K., Batawila K., Akpagana K., 2019. Agroforestry parklands and carbon sequestration in tropical Sudanese region of Togo. *RMSAV*, 7(4): 563-570.

Folega F., Ekoungoulou R., Wala K., Akpagana K., 2022. Diversité structurale des ligneux en lien avec l'utilisation des terres en paysage du socle éburnéen au Togo. *Ann. Rech. For. Algerie*, 12(01): 07-25.

Garba A., Amani A., Douma S., Sina A. K. S., Mahamane A., 2020. Structure des populations de *Tamarindus indica* L. dans la zone Sud-Ouest du Niger. *IJBCS*, 14(1): 126-142.

Garba A., Amani A., Laouali A., Mahamane A., 2019. Perceptions et usages socioéconomiques du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans le Sud-Ouest du Niger: Implications pour une domestication et une conservation durable. *J. Anim. Plant Sci.*, 40: 6584-6602.

Garba A. R. I., Adakal H., Abasse T., Koudouvo K., Karim S., Akourki A., Gbeassor M., Mahamane S., 2019. Etudes ethnobotaniques des plantes utilisées dans le traitement des parasitoses digestives des petits ruminants (ovins) dans le Sud-Ouest du Niger. *IJBCS*, 13(3): 1534-1546.

Husch B., Beers T., Kershaw J., 2003. *Forest Mensuration*. London: 4th ed, Ronald Press Company, John Wiley & Sons, Inc, 443 p.

Jayaraman K., 1999. *Manuel de statistique pour la recherche forestière*: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 239 p.

Kebenzikato A. B., Wala K., Dourma M., Atakpama W., Dimobe K., Pereki H., Batawila K., Akpagana K., 2014. Distribution et structure des parcs à *Adansonia digitata* L. (baobab) au Togo. *Afrique Sci.*, 10(2): 434-449.

Ludo C., Assawaphanichkul O., Ekasittipol T., Laphasuk S., Mhuensai P., 2013. *Market profile: Thailand's export potentials of tamarinds to the USA*: Bangkok. Retrieved from https://www. uantwerpen. be/images/uantwerpen, 274 p.

Magurran A. E., 2004. *Measurement biological diversity*: Blackwell Science Ltd, 260 p.

Miguel E. P., do Amaral Machado S., Filho A. F., Arce J. E., 2010. Using the weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. *Cerne, Lavras*, 16(1): 94-104.

Muok B. O., Alem S., 2011. Tamarind (*Tamarindus indica*) Conservation and Sustainable Use of Genetic Resources of Priority Food Tree Species in sub-Saharan

Africa. Bioversity International (Rome, Italy). Leaflet, 7 p.

Murali K., Shankar U., Shaanker R. U., Ganeshaiah K., Bawa K., 1996. Extraction of non-timber forest products in the forests of Biligiri Rangan Hills, India. 2. Impact of NTFP extraction on regeneration, population structure, and species composition. *Econ. Bot.*, 50(3): 252-269.

Nyadoi P., Obua J., Temu A. B., Jamnadass R., 2011. Population structure of tamarind (*Tamarindus indica* L) on farm and in wild habitats in semi arid-arid agroecologies in Kenya. *Gene Conserve*, 10(42): 243-269.

Padakale E., 2015. *Distribution, structure et aspects socioéconomiques des parcs agroforestiers a Parkia biglobosa (Jacq.) R. Br. (Fabaceae) dans la zone soudanienne au Togo.* Université de Lomé Lomé, Togo, 125 p.

Padakale E., Atakpama W., Dourma M., Dimobe K., Wala K., Akpagana K., 2015. Woody species diversity and structure of *Parkia biglobosa* Jacq. Dong parklands in the sudanian zone of Togo (west africa). *ARRB*, 6(2): 103-114.

Pereki H., Wala K., Thiel-clemen T., Bessike M. P. B., Zida M., Dourma M., Batawila K., Akpagana K., 2013. Woody species diversity and important value indices in dense dry forests in Abdoulaye Wildlife Reserve (Togo , West Africa). *Int. J. Biodiv. Cons.*, 5(6): 358-366.

Polo-Akpisso A., Wala K., Soulemane O., Folega F., Akpagana K., Tano Y., 2020. Assessment of Habitat Change Processes within the Oti-Keran-Mandouri Network of Protected Areas in Togo (West Africa) from 1987 to 2013 Using Decision Tree Analysis. *Sci*, 2(1): 1-18. https://doi.org/10.3390/sci2010001.

Rasolonirina V. C., 2017. *Étude de faisabilité technico-financière de la fabrication d'une sauce à base de tamarin (Tamarindus Indica L.).* Mém. Master, Univ. Antanarivo, Madagascar, 91 p.

Samarou M., Atakpama W., Atato A., Pessinaba Mamoudou M., Batawila K., Akapagana K., 2022. Valeur socio-économique du tamarin (*Tamarindus indica)* dans la zone écologique I du Togo. *RMSAV*, 10(2): 272-281.

Samarou M., Atakpama W., Kanda M., Tchacondo T., Batawila K., Akpagana K., 2021. *Tamarindus Indica* L. (Fabaceae) in ecological zone I of Togo: use value and vulnerability. *IJCAM*, 14(6): 307-315.

Wala K., Sinsin B., Guelly K. A., Kokou K., Akpagana K., 2005. Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Doufelgou (Togo). *Secheresse*, 16(3): 209 - 216.

White F., 1986. *La végétation de l'Afrique-Recherches sur les ressources naturelles*. Paris: ORSTOM-UNESCO, 384 p.